

0 - 793576

На правах рукописи



Котлярова Наталья Александровна

**Экономико-математические методы и модели оценки
потребительского качества информационных систем и
технологий в образовательном процессе**

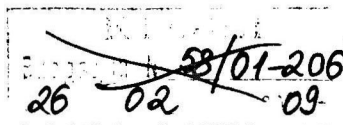
Специальность 08.00.13 – математические и инструментальные методы экономики

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата экономических наук**



Ростов-на-Дону - 2009



26 02 28/01-206 09

Работа выполнена в ГОУВПО Ростовский государственный экономический университет «РИНХ»

Научный руководитель - доктор экономических наук, доцент
Ефимов Евгений Николаевич

Официальные оппоненты: доктор экономических наук, профессор
Долятовский Валерий Анастасьевич

кандидат экономических наук, доцент
Новиков Михаил Васильевич

Ведущая организация - Педагогический институт Южного федерального университета

Защита диссертации состоится 17 марта 2009 г. в 14 часов 30 минут на заседании диссертационного совета ДМ 212.209.03 Ростовского государственного экономического университета «РИНХ» по адресу: 344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Б. Садовая, 69, ауд. 231.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Ростовского государственного экономического университета «РИНХ» и на сайте www.rsue.ru

Автореферат разослан 16 февраля 2009 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
д.э.н., доцент



И.Ю. Шполянская

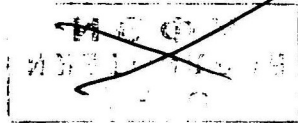


ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

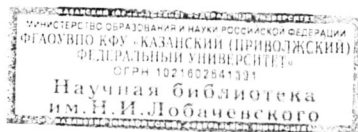
Актуальность темы исследования. Сегодня качество образования не соответствует ожиданиям потребителей. Наряду с изменениями, происходящими в системе образования, меняются и сами студенты. Формируется новое поколение студентов, у которых существует потенциальная потребность в саморазвитии. Они предпочитают активно учиться, самостоятельно выбирать для себя программу и траекторию профессионально-образовательного развития (траекторию формирования профессиональной компетентности) и следовать ей, изучая те дисциплины, которые необходимы для того, чтобы стать востребованным специалистом на рынке труда. Студент получает образование не раз и навсегда, а, став специалистом, вынужден пополнять и обновлять свои знания.

Для удовлетворения новых потребностей и перехода на новый уровень организации учебного процесса необходимо использование такой системы и технологий образования, которые обеспечат повышение качества образования и предоставление потребителям дополнительных возможностей и услуг в этой сфере. Ещё совсем недавно для качественного обучения достаточно было использовать «классическую» (традиционную) технологию в системе образования. Но появление и развитие информационных и коммуникационных технологий видоизменяют образовательную систему вузов. В связи с этим и необходимо проанализировать существующие системы образования, использующие инфокоммуникационные технологии, разработать методы и средства, обеспечивающие принятие решений по совершенствованию системы образования на основе инфокоммуникационных технологий и оценить эффективность применения информационных систем и технологий в образовании.

Степень разработанности проблемы. Различные исследования проблем качества образовательных систем, использующих информационные и коммуникационные технологии, раскрыты в трудах ученых А.А.Андреева, Ф.Грин-эйджел, В.А.Долятовского, У.Деминга, Дж.Джурана, Е.Н.Ефимова,



- проанализировать предметную область, а именно, информационные и коммуникационные системы и технологии, применяемые в образовании;



- выполнить содержательный анализ информационных и коммуникационных систем и технологий, применяемые в образовании для выявления критериев оценки их качества;

- провести содержательный и количественный анализ функциональности существующих информационных систем и технологий, применяемых в образовании, а также разработать обобщенный перечень функций, которые реализуются в этих системах;

- выполнить имитационное моделирование затрат на выполнение основных операций в образовательной системе;

- разработать методику проектирования образовательной системы по критерию функциональной полноты;

- провести многокритериальную оценку качества образовательных систем, использующие инфокоммуникационные технологии.

Инструментарий исследования составили методы научного познания - наблюдения, сравнения, системного анализа, методы групповых экспертных оценок, оптимизационные методы, метод анализа иерархий, современное программное обеспечение *Microsoft Office*, а также специально разработанные прикладные программы *Expert* и *Ireland*.

Работа проведена в рамках Паспорта специальности 08.00.13 – Математические и инструментальные методы экономики пункта 2.1: «Развитие теории, методологии и практики компьютерного моделирования в социально-экономических исследованиях и задачах управления».

Теоретической базой исследования послужили труды ведущих отечественных и зарубежных авторов, посвященные исследованию проблем качества образовательных систем, материалы научных конференций и публикации в периодической печати.

Эмпирической базой исследования явились данные, собранные в ходе экспериментов, результаты научного исследования образовательных учреждений, организаций, чья деятельность связана с информационными технологиями и системами в образовании.

Научная новизна результатов исследования. Элементы новизны содержат следующие результаты:

1. Предложен набор показателей качества образовательных систем, использующих информационные и коммуникационные системы и технологии, характеризующих новые отношения на рынке образовательных услуг: «Рефлексивность обучения», «Интеграционный потенциал», «Образовательный франчайзинг» и другие. Эти показатели позволяют сформулировать требования, предъявляемые к современным образовательным системам, и выполнить выбор информационной системы или технологии для ее применения.

2. Составлен перечень функций образовательных систем, использующих информационные и коммуникационные системы и технологии, который отличается учетом таких специфических атрибутов анализируемых объектов, как «работа с интерактивным Web - пособием», «Лабораторные дистанционные практикумы», «Контроль знаний при помощи on-line тестов» и другие. Это позволяет выполнить оценку функциональности, т.е. количественно оценить степень соответствия той или иной образовательной системы требованиями пользователя (вуза) к функциональной полноте.

3. Адаптирован процессно-статистический подход применительно к оценке затрат времени на работу обучающихся с рядом компонент образовательной системы, позволяющий определить ресурсоемкость каждой операции, выявить наиболее ресурсоемкие из них, провести сравнительный количественный анализ затрат времени при различных вариантах организации образовательного процесса, оценить общую нагрузку на программно-аппаратную платформу информационной части образовательной системы.

4. Разработана методика многокритериальной оценки качества образовательных систем, использующих информационные и коммуникационные системы и технологии, позволяющая получить интегральные оценки качества каждой из рассматриваемых систем и принять рациональное решение. Отличительная особенность методики в том, что в расчете использовались различные варианты выбора весов критериев, включая расчет их оптимальных

значений. Это позволяет осуществлять более обоснованный выбор информационных систем и технологий для образовательной системы.

5. Модифицирована методика многокритериальной экспертной оценки качества образовательных систем, позволяющая получать количественные оценки качества альтернатив с последующим выбором лучшей системы по предложенным критериям. Методика отличается возможностью свести исследование сложной проблемы к достаточно простой процедуре.

6. Выполнена сравнительная оценка существующих образовательных систем с помощью методов многокритериальной оптимизации и анализа иерархий. Это позволяет образовательным учреждениям по сформированным требованиям выбрать несколько приоритетных информационных систем и технологий с целью использования их для повышения эффективности и качества обучения.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования предложенных методов и полученных результатов для повышения качества образовательного процесса.

При решении проблемы оценки качества необходимо по возможности максимально учитывать потребности и предпочтения всех категорий пользователей образовательной среды. Определив конкретные требования к автоматизированной информационной составляющей образовательной системы, организация (вуз) может принять решение о выборе той или иной системы, или создания собственной.

Предлагаемые методы позволяют не только снизить время на анализ и выбор необходимой информационной системы или технологии, но и повысить качество образовательного процесса за счет правильного выбора автоматизированной информационной составляющей образовательной системы.

Положения, выносимые на защиту:

1. Перечень показателей качества образовательных систем, использующих информационные и коммуникационные системы и технологии, характеризующих новые отношения на рынке образовательных услуг. Перечень

позволяет сформулировать требования, предъявляемые к современным образовательным системам, а также выполнить выбор наилучшей информационной системы или технологии для ее совершенствования.

2. Перечень функций образовательных систем, отличающийся учетом специфических атрибутов анализируемых объектов. Это позволяет применять методику количественной оценки степени соответствия той или иной образовательной системы требованиями пользователя (вуза).

3. Адаптированный процессно-статистический подход применительно к оценке затрат времени на работу обучающихся с рядом компонент образовательной системы, позволяющий определить ресурсоемкость операций, провести сравнительный количественный анализ затрат времени при различных вариантах организации образовательного процесса, оценить общую нагрузку на программно-аппаратную платформу информационной части образовательной системы.

4. Методика многокритериальной оценки качества образовательных систем, позволяющая получить интегральные оценки качества каждой из рассматриваемых систем и сделать выбор в соответствии с принятыми критериями и отличающаяся использованием в расчете различных вариантов выбора весов критериев, включая расчет их оптимальных значений.

5. Модифицированная методика многокритериальной экспертной оценки качества образовательных систем, позволяющая получить количественные оценки качества альтернатив с последующим выбором лучшей системы по предложенным критериям.

Теоретическая значимость работы состоит в развитии методов анализа функциональности, моделирования процессов функционирования и оценки качества применительно к образовательным системам, использующим информационные и коммуникационные системы и технологии.

Апробация и внедрение результатов исследования.

Предложения и практические рекомендации, сформулированные в диссертационном исследовании, нашли отражение в научно-исследовательских

работах кафедры «Информационные технологии» РГЭУ «РИНХ», докладывались автором на научно-практических конференциях: «Наука, методика и техносреда вуза» (г. Ростов-на-Дону, ЮРГИ, 2005 г.), «Наука и образование – гуманитарный потенциал развития общества» (г. Ростов-на-Дону, ЮРГИ, 2006), «Социальные изменения и проблемы образования в России» (г. Ростов-на-Дону, ЮРГИ, 2007).

Основные результаты диссертационной работы были использованы в исследованиях по внутривузовским грантам:

- “Виртуальный распределенный университет РГЭУ «РИНХ»: исследование вариантов структуры, инструменты реализации” (№ 4/05-вн, 2005 г.);

- “Интерактивный инструментарий анализа качества и эффективности применения тестов в учебном процессе РГЭУ «РИНХ»” (№ 2/07-вн, 2007 г.).

Результаты исследования нашли применение в НОУ “Южно-Российский гуманитарный институт” при совершенствовании образовательной системы.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, библиографического списка использованной литературы и приложений. Текст диссертации изложен на 130 страницах, включает 18 таблиц и 9 рисунков. Список использованной литературы содержит 177 источников.

Публикации. По результатам диссертационного исследования опубликовано 9 печатных работ общим объемом 2,1 п.л..

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертационного исследования, показана степень разработанности проблемы, определены объект, предмет, цели, задачи и методология исследования, сформулированы положения,

выносимые на защиту, приведены элементы научной новизны и практическая значимость результатов исследования.

В первой главе «Содержательный анализ информационных образовательных систем и технологий» сформирован набор показателей качества образовательных систем, использующих информационные и коммуникационные системы и технологии. Перечень включает показатели, которые характеризуют новые отношения на рынке образовательных услуг, и по своей сущности определяет требования, предъявляемые к современным образовательным учреждениям.

Переход на новый уровень организации учебного процесса в настоящее время осуществляется путем использования информационных и коммуникационных систем и технологий в системах образования. Это позволяет повысить качество образования, путем предоставления потребителям дополнительных образовательных услуг, и обеспечить конкурентные преимущества образовательным учреждениям. В связи с этим и возникает проблема измерения качества образовательной системы, использующей информационные и коммуникационные технологии.

При решении проблемы оценки качества и выбора информационных и коммуникационных систем и технологий в системах образования необходимо учитывать потребности и предпочтения всех категорий пользователей образовательной среды. Определив требования к информационной составляющей образовательной системе, организация (вуз) может принять решение о выборе той или иной информационной системы или технологии.

В соответствии с положениями системного анализа одним из способов сопоставления исследуемых объектов (явлений или процессов) как систем может быть сопоставление и их лишь отдельных сторон, аспектов, которые считаются существенными для исследуемой проблемы.

Обобщая данные монографической литературы, научных периодических изданий и других источников можно выделить следующие наиболее

распространенные информационные системы и технологии в образовании (рисунок 1).

Традиционная система образования (S_1). Основными элементами обучения являются: преподаватель; аудитория (лаборатория) в том или ином виде; учебные материалы по изучаемому курсу; библиотека как накопитель и хранитель знаний. В центре обучения – преподаватель, студенты играют пассивную роль на занятиях, суть обучения – передача знаний.

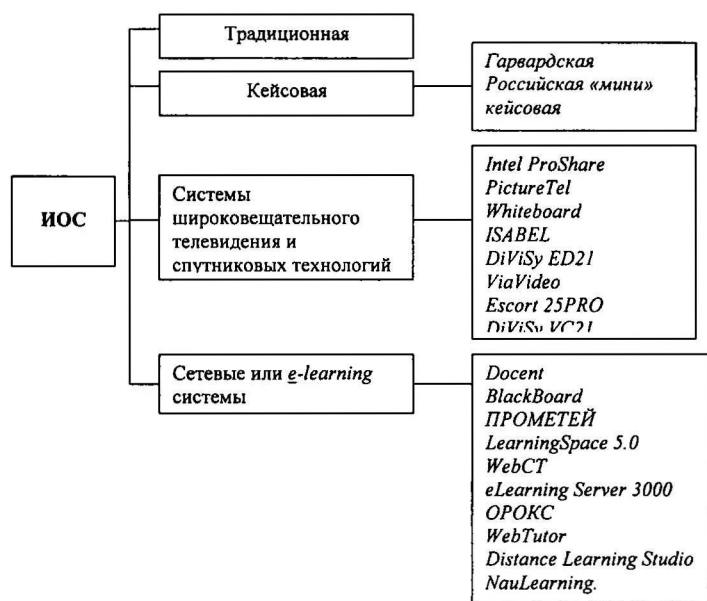


Рис. 1. Классификация информационных технологий и систем, применяемых в образовательных системах

Кейсовые системы (S_2). Кейсы представляют собой документированные ситуации из мира бизнеса. Главной особенностью и преимуществом кейса является существование реальной фирмы с проблемной ситуацией.

Системы видеоконференций (S_3). Системы программно-аппаратного типа, поддерживающие диалог участников. Для проведения видеоконференции (ВК) необходим персональный компьютер с мультимедийными возможностями, канал связи (например, локальная сеть) и возможно другое оборудование.

Персональные системы обычно выполняются как приложения для *Windows* с видеоизображением в небольшом окне, помещенном на рабочем столе.¹ Кроме традиционной двухсторонней звуковой и видеосвязи, эти системы, как правило, оснащены возможностями, облегчающими совместное использование данных, разделяемых приложений и документов.

Групповые видеоконференции используются для взаимодействия больших и средних групп пользователей. Благодаря высокому качеству видеоизображения можно осуществлять обмен и просмотр документов, отображение которых в персональных видеоконференциях не представляется возможным. Групповые видеоконференции хорошо подходят для проведения дискуссий и выступлений, то есть там, где участник (преподаватель) не может присутствовать лично.

*Студийные видеоконференции.*² Системы высшего класса, реализованные преимущественно аппаратными средствами, сложны и имеют высокую стоимость. Для создания студийных видеоконференций необходимы высококласное специализированное оборудование (студийные камеры, звуковое и контрольное оборудование, мониторы) и максимальная пропускная способность каналов связи (доступ к каналам спутниковой и оптоволоконной связи). Такие видеоконференции используются для решения задач, требующих максимума возможностей с точки зрения организации обработки информации большим числом людей. Типичный пример таких видеоконференций – телемосты.

Сетевые или e-learning системы³ (S_4). Системы, основанные на Интернет технологиях (*MOO, MUD, IRC, WWW, FTP, E-mail, listserv*). Особенностью систем является доступ к обучению в любое время и в любом месте. В системе

¹ По материалам <http://www.bytemag.ru>

² По материалам <http://www.divisy.ru/product.shtml>

³ По материалам отчета по НИР «Виртуальный распределенный университет РГЭУ «РИНХ»: исследование вариантов структуры, инструменты реализации» (№ 2/07-вн, 2007 г.).

рассматриваемого процесса за заданное время; произвести *сравнения* процессов по материальным и стоимостным затратам, а также напряженности труда; произвести *расчет необходимых ресурсов* для выполнения конкретного процесса (численности преподавателей, компьютеров и прочее); обеспечить *заданную вероятность выполнения* конкретного образовательного процесса в течение определенного времени; оценить *общую нагрузку на программно-аппаратную платформу* образовательной системы.

Алгоритм проектирования образовательной системы включает выполнение следующих действий:⁷

- 1) добавим в таблицу «Системы – Функции» сравниваемых систем столбец S_{np} (проектируемая система) с функциями, интересующими пользователя;
- 2) рассчитаем $P^{(11)}, P^{(10)}, P^{(01)}, P^{(00)}$;
- 3) для оценки того, какая часть функций, выполняемых S_i реализуется S_k рассчитаем матрицу H (размерности $m+1 \times m+1$), в которой выделим строку S_{np} – проектируемая система, с набором требуемых функций (таблица 3).

Таблица 3

Фрагмент матрицы H

Системы	Традиц.	Гарвардская кейсовая	Российская «мини» кейсовая	Intel ProShare	PictureTel	Whiteboard	ISABEL	DiViSy ED21	ViaVideo	Escort 25PRO	DiViSy/C21
S_{np}	0,17	0,25	0,08	0,2	0,24	0,24	0,21	0,21	0,21	0,24	0,17
Системы	Docent	BlackBoard	ПРОМЕТЕЙ	LearningSpace 5.0	WebCT	eLearning Server 3000	ОПОКС	WebTutor	Distance Learning Studio	NauLearning	S_{np}
S_{np}	0,1	0,11	0,29	0,29	0,23	0,23	0,25	0,27	0,22	0,18	1

Анализ фрагмента матрицы H показывает, что системами поглощающим проектируемую систему, являются *Intel ProShare, PictureTel, Whiteboard, DiViSy*

⁷ Хубаев Г.Н. Сравнение сложных программных систем по критерию функциональной полноты // Программные продукты и системы (*Software&Systems*). –1998. - № 2 –с. 6-9.

3. Суммарное время работы студентов с интерактивным пособием рассчитывается как: $T_{\Sigma} = T_1 + T_2$

Результаты моделирования и расчетов T_{Σ} приведены в таблице 2, а на рисунке 4 изображена гистограмма распределения.

Таблица 2

Результаты имитационного моделирования T_{Σ}

Характеристики	T_{Σ}
Среднее	2521150
Стандартная ошибка	27076,64
Стандартное отклонение	270766,4
Коэффициент вариации	0,107398
Дисперсия выборки	73314455264,4
Экссесс	1,071
Асимметричность	-0,039
Интервал	1729675
Минимум	1626260
Максимум	3355935



Рис. 4. Гистограмма распределения суммарного времени работы с пособиями

Суммарное время работы с пособиями студентов в течение года, при заданных параметрах образовательной системы составляет $42019 \pm 4512,8$ часов.

Моделирование образовательных процессов позволяет решить целый ряд задач: осуществить объективный анализ *степени загрузки преподавателей и студентов*, выявить *резервы в затратах труда*; выявить *наиболее трудоемкие функции, операции и процессы*; оценить *вероятность выполнения*

электронного обучения студентам доступны электронные учебные курсы по изучаемым дисциплинам.

Так как развитие автоматизированных информационных компонент образовательных систем происходит очень быстрыми темпами, то, учитывая множество их форм и вариантов, возникает вопрос, какие из них более эффективны для использования в образовании.

Содержательный анализ предметной области позволил выявить следующие группы характеристик образовательных систем:

1. *функциональные* (отражают основную специфику применения и степень соответствия образовательных систем их целевому назначению), включающие в себя функциональность самой системы (X_1), рефлексивность обучения (X_2), интеграционный потенциал (X_3), гибкость (X_4);

2. *конструктивные* (более универсальны и предназначены для оценки различных аспектов разработки образовательных систем, не зависящих от целевого назначения), включающие в себя надежность (X_5), безопасность (X_6), адаптивность (X_7), корректность (X_8), информационную сложность системы (X_9), устойчивость (X_{10}), оперативность (X_{11}), простоту эксплуатирования (X_{12});

3. *организационные* (позволяющие рассматривать образовательные системы как составляющие образовательной организации), включающие в себя стоимость информационной компоненты образовательной системы (X_{13}), степень охвата различных уровней образования (X_{14}), возможность продвижения на международном рынке образовательных услуг (X_{15}) и другие.

Характеристики были предварительно оценены экспертами по степени важности. Причем в группу наиболее важных показателей по мнению экспертов попали следующие характеристики: X_1 , X_5 , X_6 , X_{12} , X_{13} , X_{14} , X_{15} . В анализе участвовали эксперты, в число которых входили специалисты фирмы ООО «ДонТек», преподаватели ПИ ЮФУ, специалисты и преподаватели кафедр РГЭУ «РИНХ», специализирующихся в области информационных технологий.

Обработка результатов проводилась по методике ⁴, ориентированной на интеграцию метода Дельфи с оценкой расстояния Кемени. Для каждого ранжирования строилась матрица упорядочения в канонической форме. Элемент a_{ij} матрицы упорядочения определяется следующим образом:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ если } i \text{ предпочтительнее } j, \\ -1, \text{ если } j \text{ предпочтительнее } i, \\ 0, \text{ если } i \text{ и } j \text{ равноценны.} \end{cases}$$

Здесь i, j – порядковые номера объектов в ранжировании конкретного эксперта. Для количественного анализа степени сходимости мнений экспертов после каждого тура опросов, выявления согласованных групп экспертов и оценки целесообразности завершения экспертизы использовалось расстояние Кемени:

$$d_{AB} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m |a_{ij} - b_{ij}|,$$

где m – количество характеристик,

a_{ij} и b_{ij} – элементы матрицы упорядочивания в канонической форме для экспертов A и B соответственно.

В результате расчетов расстояния Кемени величины рассогласования составили: после первого тура – 2250, после второго – 2078 и после третьего – 2036. Рассогласование между вторым и третьи турами изменились незначительно, поэтому процедура опроса после третьего тура была прекращена.

На основании матрицы рассогласования в каноническом виде, построен граф взаимосвязи мнений экспертов (рисунок 2). Полученный граф указывает на то, что получена удовлетворительная согласованности мнений экспертов, по выделенным характеристикам образовательных систем.

⁴ Хубаев Г.Н. Математические методы и вычислительная техника в задачах упорядочения объектов и при отборе значимых факторов.- Ростов-на-Дону: РИНХ, 1975.

По каждой операции оценивались затраты времени на ее выполнение и выполнялось имитационное моделирование процесса с помощью дискретного распределения (таблица 1).

Таблица 1
Результаты имитационного моделирования выполнения операций

Показатели	Характеристики времени выполнения операций											
	f_{01}	f_{02}	f_{03}	f_{04}	f_{05}	f_{06}	f_{07}	f_{08}	f_{09}	f_{10}	f_{11}	f_{12}
Среднее	7,01	6,03	0,51	3,26	0,30	30,2	0,51	7,97	7,01	0,40	16,85	0,50
Стандартная ошибка	0,08	0,09	0,01	0,09	0,01	0,18	0,01	0,11	0,10	0,01	0,14	0,01
Стандартное отклонение	0,78	0,90	0,11	0,89	0,08	1,84	0,13	1,09	0,97	0,10	1,35	0,09
Коэффициент вариации	0,11	0,15	0,21	0,27	0,25	0,06	0,25	0,14	0,14	0,25	0,08	0,17
Дисперсия выборки	0,62	0,82	0,01	0,80	0,01	3,38	0,02	1,18	0,94	0,01	1,83	0,01
Эксцесс	0,68	0,09	3,64	-0,4	-1,2	4,79	2,83	0,54	2,38	-0,2	6,66	0,75
Асимметричность	-0,3	0,28	1,26	0,50	0,02	0,25	1,21	-0,3	0,93	0,06	-2,23	0,25
Интервал	4,00	4,00	0,60	3,00	0,20	13	0,70	5,00	5,00	0,40	8,00	0,40
Минимум	5	4	0,30	2	0,20	25	0,30	5	5	0,20	11	0,30
Максимум	9	8	0,90	5	0,40	38	1,00	10	10	0,60	19	0,70

Далее задавались и моделировались некоторые параметры образовательного процесса, в частности количество изучаемых тем в пособии (T), общее количество изучаемых пособий (P) и число студентов (S), изучающих пособия за выбранный период времени (в течение учебного года).

На следующем шаге выполнялись расчеты, связанные с получением итоговых значений времени работы с интерактивными *Web* – пособиями, используя полученные моделированные значения.

1. Время, расходуемое студентами при изучении определенного числа пособий (для операций $f_{01} - f_{04}$):

$$T_{1-4} = \sum_{i=1}^4 t_i, \text{ где } t_i - \text{моделируемые значения времени выполнения}$$

функциональных операций;

$$T_1 = T_{1-4} * P * S.$$

2. Время, необходимое студентам для непосредственного изучения пособий выполнения (при этом учитывается время операций $f_{05} - f_{12}$):

$$T_{5-12} = \sum_{i=5}^{12} t_i;$$

$$T_2 = T_{5-12} * R * P * S$$

путем) максимальное, минимальное и наиболее вероятное значения величин затрат ресурсов. Аналогично определяется и частота выполнений каждой операции (диапазон или закон распределения числа выполнений) при реализации конкретного делового процесса.

Анализ результатов моделирования позволил выделить некоторые наиболее трудоемкие из них, в число которых и попала функция «Работа с интерактивным *Web* – пособием». Для исследования нам были доступны две информационные образовательные системы (*ПРОМЕТЕЙ* и *eLearning Server 3000*), на базе которых проводилось моделирование.

Процесс моделирования образовательного процесса выполнялся следующим образом:⁶

анализируемый процесс разбивался на отдельные рабочие операции;

для каждой операции оценивались затраты времени на ее выполнение: минимальное, максимальное и наиболее вероятное значения;

экспертным путем определялись параметры частоты выполнения каждой операции (минимальное, максимальное и наиболее вероятное значения) и задавались другие параметры образовательного процесса;

производилось статистическое моделирование выполнения заданных операций процесса;

производился расчет суммарных значений времени выполнения операций образовательного процесса на основании моделированных значений;

по результатам моделирования выполнялся расчет статистических характеристик и формулировались выводы.

Содержательный анализ процесса работы с интерактивным *Web* - пособием позволил нам установить двенадцать основных операций ($f_{01} - f_{12}$), включая знакомство с рекомендациями по изучению пособия, изучение темы выбранного раздела, самостоятельный контроль изученного материала по вопросам и прочее.

⁶ Хубаев Г.Н. Процессно-статистический подход к учету затрат ресурсов при оценке (калькуляции) себестоимости продукции и услуг: особенности реализации, преимущества// ВОПРОСЫ ЭКОНОМИЧЕСКИХ НАУК. – 2008. - №2.

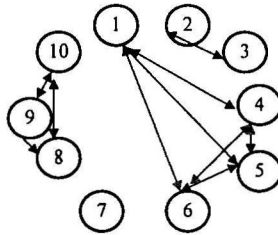


Рис. 2. Граф взаимосвязи мнений экспертов

Во второй главе «Анализ функциональности образовательных систем, использующих информационные и коммуникационные системы и технологии» была проведена сравнительная оценка образовательных систем, проведено имитационное моделирование процесса функционирования образовательной системы.

Сравнительная оценка образовательной системы по критерию функциональной полноты начинается с определения общего состава функций, реализуемых в системах.⁵ Выявленные, на основании содержательного анализа предметной области, функции образовательной системы включают 56 позиций (распадающихся, в свою очередь, на более чем 180 операций), которые были систематизированы в следующие группы:

1. Форма существования знаний;
2. Методы передачи знаний;
3. Методы проведения занятий;
4. Методы проведения промежуточного и итогового контроля знаний;
5. Образовательное администрирование и контроль учебного процесса;
6. Методы взаимодействия между участниками учебного процесса;
7. Методы мониторинга системы.

Введем следующие обозначения:

$S = \{S_i\}$ ($i=1, \dots, n$) – множество сравниваемых систем;

⁵ Хубаев Г.Н. Сравнение сложных программных систем по критерию функциональной полноты // Программные продукты и системы (Software&Systems). – 1998. – № 2 – с. 6-9.

$F = \{F_j\} \ (j=1,2,\dots,m)$ – множество функций, реализуемых системами.

Для проведения анализа функциональности составлена таблица, состоящая из элементов X_{ij} , где

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } j \text{ функция реализуется } i \text{ системой,} \\ 0, & \text{если нет} \end{cases}$$

После этого производились следующие расчеты.

1. Рассчитаем матрицу $P^{(11)}$. Элемент матрицы $P_{ik}^{(11)}$, обозначающий число функций, выполняемый системами S_i и S_k , определяется как $P_{ik}^{(11)} = |S_i \cap S_k|$ - мощность пересечения множества $S_i = \{X_{ij}\}$ и $S_k = \{X_{kj}\}$.

2. Рассчитаем матрицу $P^{(10)}$. Элемент матрицы $P_{ik}^{(10)}$, обозначающий число функций, выполняемый системой S_i , но не реализуемый S_k , определяется как

$$P_{ik}^{(10)} = |S_i \setminus S_k| \text{ - мощность разности множества } S_i = \{X_{ij}\} \text{ и } S_k = \{X_{kj}\}.$$

3. Рассчитаем матрицу $P^{(01)}$. Элемент матрицы $P_{ik}^{(01)}$, обозначающий число функций, выполняемый системами S_k , но не реализуемых S_i , определяется как $P_{ik}^{(01)} = |S_k \setminus S_i|$ - мощность пересечения множества $S_i = \{X_{ij}\}$ и $S_k = \{X_{kj}\}$.

4. Построим матрицу G и на основании ее логическую матрицу поглощения $G0$, элемент которой:

$$G0_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{если } G_{ik} \geq E_p \text{ и } i = k \\ 0, & \text{если } G_{ik} < E_p \text{ и } i \neq k \end{cases}$$

E_p – пороговое значение.

G_{ik} – мера подобия Жаккарда.

Построенные по логическим матрицам графы подобия, позволили судить о группах схожих образовательных систем.

Граф подобия, построенный по матрице $G0$ при $E_p = 0,4$, представлен на рисунке 3, из которого видно, что выявлены группы взаимосвязанных систем:

1 группа - $S_1, S_{2.1}$;

2 группа - $S_{3.1}, S_{3.2}, S_{3.3}, S_{3.4}, S_{3.5}, S_{3.6}, S_{3.7}, S_{3.8}$;

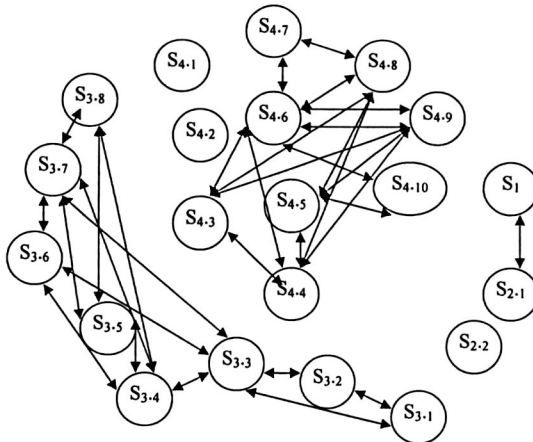


Рис. 3. Граф взаимосвязи систем при пороговом значении $E_p = 0,4$

При оценке основных параметров образовательной системы, как правило, требуется оценить затраты ресурсов на реализацию функциональных операций, составляющих образовательный процесс. Это в свою очередь позволяет определить ресурсоемкость операций, провести сравнительный количественный анализ затрат ресурсов при различных вариантах организации образовательного процесса, оценить общую нагрузку на программно-аппаратную платформу образовательной системы.

При этом следует учитывать, что практически все процессы, связанные с образованием, являются в той или иной степени случайными по затратам времени и других ресурсов.

Условимся, что процессы в сфере образования состоят из последовательности отдельных функций (операций), на выполнение которых расходуются ресурсы: трудовые, материальные, стоимостные. На основании данных ретроспективного анализа можно оценить фактические законы распределения затрат ресурсов на реализацию операции процесса, либо при отсутствии информации определить (с помощью хронометража или экспертным

ED21, Via Video, Escort 25PRO, DiViSyVC21, ПРОМЕТЕЙ, LearningSpace 5.0, ОРОКС.

4) далее в набор функций S_{np} добавим функции, не предусмотренные этой системой, но реализованные в системах, поглощающих проектируемую систему (семинарские занятия; самотестирование и самоконтроль знаний обучающихся на любом этапе изучения курса; автоматическая защита информации на сервере курса при аварийных ситуациях или сбоях; поддержка виртуальных сообществ: обучающихся, администраторов дисциплин, разработчиков обучающих программ; доступ студентов к различным *on – line* тематическим группам обсуждения разделов курсов; групповое использование единого сетевого приложения или разработка одного и того же документа в реальном масштабе времени).

Составив и проанализировав матрицу H , можно сделать вывод о том, что улучшилось положение относительно S_{np} у таких систем как *DiViSy ED21, ПРОМЕТЕЙ, LearningSpace 5.*

Для этой же таблицы построим матрицу G для анализа степени схожести систем: $G = P^{(11)} / (P^{(11)} + P^{(10)} + P^{(01)})$.

Результаты этой матрицы показывают, что системы *ПРОМЕТЕЙ, Learning Space 5* и проектируемая образовательная система относятся к одному классу.

5) определим набор функций, которые включены в набор проектируемой системы, но не предусмотрены системами *ПРОМЕТЕЙ, Learning Space 5.*

В результате можно сделать вывод о предпочтении системы *ПРОМЕТЕЙ*, так как она лишает проектируемую систему 8 функций, а *Learning Space 5* – 10 функций.

Таким образом, предложенный подход к проектированию образовательной системы позволяет не только оценить ее функциональность, но и на стадии предварительного анализа исключить из рассмотрения те из систем, в которых не реализуются нужные пользователю функции. После чего можно определив такие функции спроектировать систему, наиболее полно отвечающую требованиям пользователя. Среди группы анализируемых систем могут быть

выбраны системы, имеющие близкую функциональную полноту к проектируемой системе.

В третьей главе «Многокритериальная оценка качества образовательных систем, использующих информационные и коммуникационные системы и технологии» была проведена многокритериальная оценка качества образовательных систем методом многокритериальной оптимизации и методом анализа иерархий. Результаты такого расчета могут являться ориентирами для выбора оптимальной информационной образовательной системы.

Образовательные системы, использующие информационные и коммуникационные системы и технологии, характеризуются набором показателей, что и предопределяет многокритериальную задачу. При выборе решения по нескольким критериям следует создать функцию F , монотонно зависящую от критериев $X_1, X_5, X_6, X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{15}$. Воспользуемся наиболее часто используемой сверткой критериев – методом аддитивной оптимизации. Аддитивный критерий можно представить как $F = \sum w_i * X_i, i = 1, 5, 6, 12, 13, 14, 15$, где величины w_i являются весовыми коэффициентами, определяющими степень предпочтения (важность) одного критерия по отношению к другим ($\sum w_i = 1$).

Если задача решается на максимум, то локальные критерии необходимо нормализовать следующим образом. Для критериев, которые максимизируются, нормализация проводится по формуле: $X_i' = (X_i - X_{i \min}) / (X_{i \max} - X_{i \min})$, где $X_{i \min}$ и $X_{i \max}$ – минимум и максимум каждого критерия соответственно. Для критериев, которые минимизируются, нормализация проводится по формуле: $X_i' = (X_{i \max} - X_i) / (X_{i \max} - X_{i \min})$.

Для равноценных критериев, для которых невозможно установить приоритет по важности, значения весовых коэффициентов w_i выбираются одинаковыми. Для неравноценных критериев, для которых можно установить приоритет по важности, значения весовых коэффициентов выбираются в соответствии с важностью критерия. Именно второй случай имеет место в решаемой нами задаче.

Для выбора наилучшего варианта назначения весовых коэффициентов рассматривались следующие расчетный метод (определяет максимально возможное отклонение по i -му частному критерию), экспертный и методы нахождения оптимальных значений весовых коэффициентов.

Результаты расчета целевой функции в зависимости от предложенных вариантов определения весов критериев позволили сформировать несколько групп систем с близкими интегральными значениями целевой функции: 1 группа: *NauLearning*, *WebTutor*; 2 группа: *Традиционная*, *ISABEL ViaVideo*, *BlackBoard Distance Learning Studio*; 3 группа: *PictureTel Live PCS 50*, *DiViSy ED21*; 4 группа: *Российская «мини» кейсовая*, *Intel ProShare Personal Video Conferencing System 200*, *ОПОКС*; 5 группа: *WebCT*, *eLearning Server 3000*, *Escort 25PRO*, *DiViSy VC21*; 6 группа: *Гарвардская кейсовая*, *ПРОМЕТЕЙ*, *LearningSpace*. Системы последней группа обладают наибольшими значениями целевой функции.

Одним из методов, позволяющий по универсальным правилам оказывать поддержку принятия решений и решить многокритериальную задачу является метод анализа иерархий (МАИ).

Первый шаг состоит в декомпозиции и представления задачи в иерархической форме: цель – критерии оценки – альтернативы. На первом уровне находится цель – «Образовательная система, использующая информационные и коммуникационные технологии». На втором уровне находятся семь критериев, уточняющих цель и на третьем (нижнем) уровне находятся двадцать одна система-кандидат, которая должна быть оценена по отношению к критериям второго уровня.

Второй шаг состоит в заполнении матриц попарных сравнений для уровня 2 и вычислении приоритетов, наибольшего собственного значения матрицы суждений, индекса и отношения согласованности. В результате получили отношение согласованности $OS = 9,22\%$.

Третий шаг состоит в заполнении матриц попарных сравнений для уровня 3 и вычислении приоритетов, наибольшего собственного значения матрицы

суждений, индекса и отношения согласованности. Таким образом, лучшими по критерию «Функциональность» стали системы *eLearning Server 3000*, *Гарвардская кейсовая* и *Прометей*; по критерию «Стоимость» - *DiViSy VC21* и *Гарвардская кейсовая*; по критерию «Надежность» - *Прометей*, *eLearning Server 3000*; по критерию «Безопасность» - *DiViSy VC21*, *Escort 25PRO*; по критерию «Простота в эксплуатации» - *Прометей*, *LearningSpace* и *Традиционная*; по критерию «Степень охвата различных уровней образования» - *Гарвардская кейсовая*; по критерию «Возможность продвижения на рынке образовательных услуг» - *Прометей*, *LearningSpace*, *eLearning Server 3000*. Вычислив глобальные приоритеты всех систем, можно сделать вывод о предпочтительности таких систем как *Прометей* и *Гарвардской кейсовой* системы.

Сравнив результаты выбора систем, полученных с помощью многокритериальной оптимизации и МАИ, можно сделать вывод о том, что эти методы принятия решений практически не отличаются по результатам друг от друга. В результате многокритериальной оптимизации выделены следующие системы с высоким интегральным показателем качества: *Прометей* ($S_{4,3}$); *Гарвардская кейсовая* ($S_{2,1}$); *LearningSpace* ($S_{4,4}$); *WebCT* ($S_{4,5}$); *eLearning Server 3000* ($S_{4,6}$). Расчет по МАИ дал следующие результаты: *Прометей* ($S_{4,3}$); *Гарвардская кейсовая* ($S_{2,1}$); *LearningSpace* ($S_{4,4}$); *eLearning Server 3000* ($S_{4,6}$); *DiViSy VC21* ($S_{3,8}$).

Таким образом, методики на основе многокритериальной оптимизации и методом анализа иерархий позволяют образовательным учреждениям разных уровней по сформированным требованиям выбрать приоритетные системы для использования и повышения эффективности и качества обучения. Это обеспечивает в свою очередь конкурентоспособность образовательного учреждения.

В заключении диссертации приведены основные выводы и перечислены практические результаты исследования.

Основные положения диссертации нашли отражение в следующих публикациях:

Статьи в периодических научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Котлярова Н.А. Применение экономико-математических методов при анализе качества информационных образовательных систем // Вестник Ростовского государственного экономического университета «РИНХ». – Ростов н/Д: РГЭУ «РИНХ», 2008. - № 1. – 0,3 п. л.

2. Котлярова Н.А. Повышение эффективности применения информационных образовательных систем на основе проектирования функциональности // Вестник Ростовского государственного экономического университета «РИНХ». - Ростов н/Д: РГЭУ «РИНХ», 2008. - №2. – 0,2 п. л.

Статьи в периодических научных изданиях, в материалах конференций и в сборниках научных трудов вузов

1. Котлярова Н.А. Функциональный анализ информационных образовательных технологий // Информационные системы, экономика, управление трудом и производством: Ученые записки. Выпуск 9.- Ростов н/Д: РГЭУ «РИНХ», 2005. - 0,32 п. л.

2. Котлярова Н.А. Сравнительный анализ информационных образовательных технологий по критерию функциональной полноты // Вопросы экономики и права: сборник статей аспирантов и соискателей степени кандидата наук Выпуск 3. – Ростов н/Д: РГЭУ «РИНХ», 2005. – 0,34 п. л.

3. Котлярова Н.А. Система сбалансированных показателей как инструмент для выбора информационных технологий дистанционного обучения // Вопросы экономики и права: сборник статей аспирантов и соискателей степени кандидата наук. Выпуск 4. - Ростов н/Д: РГЭУ «РИНХ», 2006. – 0,18 п. л.

4. Котлярова Н.А. Оценка качества информационных образовательных технологий // Экономика. Маркетинг. Реклама: сборник научных статей. Выпуск 7. - Ростов н/Д: «Фолиант», 2006. - 0,16 п. л.

5. Котлярова Н.А. Системы видеоконференции как необходимый компонент качественного образования: краткий обзор и классификация //

Научно-методическая конференция «Наука и образование - гуманитарный потенциал развития общества»: тезисы научных сообщений. - Ростов н/Д: «Наука-Пресс», 2006. – 0,12 п. л.

6. Котлярова Н.А. Экспертный анализ характеристик качества информационных образовательных систем // Вопросы экономики и права: сборник статей аспирантов и соискателей степени кандидата наук. Выпуск 5. - Ростов н/Д: РГЭУ «РИНХ», 2007. – 0,18 п. л.

7. Котлярова Н.А. Повышение эффективности применения информационных образовательных систем на основе проектирования их функциональности. // Проблемы федеральной и региональной экономики: ученые записки. Выпуск 11. - Ростов н/Д: РГЭУ «РИНХ», 2008. – 0,3 п. л.

Печать цифровая. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Формат 60х84/16. Объем 1,0 уч.-изд.-л.

Заказ № 1150. Тираж 120 экз.

Отпечатано в КМЦ «КОПИЦЕНТР»

344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Суворова, 19, тел. 247-34-88

102